CANAL PRINCIPAL HAUT SERVICE DES ABDA-DOUKKALA

Mohammed BERRAHA[1]

1. PREAMBULE

Le projet du périmètre Haut Service des Abda-Doukkala concerne l'irrigation de 64.000 hectares dans les plaines des Doukkala (province d'El-Jadida) et des Abda (province de Safi).

Le périmètre est divisé en 4 tranches de superficies sensiblement égales. Les travaux de la première tranche ont été entamés en décembre 1993, avec un délai global de 4 ans (achèvement prévisionnel vers fin 1997).

Les travaux de cette première tranche concernent, outre les travaux d'équipement interne de 16.000 hectares (nivellement et assainissement des sols, pose de canaux portés), ceux des ouvrages principaux d'adduction d'eau :

- Galerie d'amenée :
  * longueur totale : 13 km
  * diamètre intérieur : 6,4 m
  * excavation et revêtement à l'aide d'un tunnelier avec pose de voussoirs à l'avancement.
- Station de pompage :
  * c'est une station de relevage assurant la liaison entre la galerie et le canal principal
  * débit d'équipement : 38 m^3/s
  * HMT : 40 m
  * puissance installée : 24 MW.
- Canal Principal Haut Service (CPHS) : voir ci-après.

2. PRESENTATION DU CPHS

2.1 Principes généraux

Le CPHS est destiné à assurer l'adduction d'eau gravitaire depuis la station de pompage jusqu'au secteurs irrigués, qu'il dessert à l'aide de prises d'irrigation.

Il présente les principales caractéristiques suivantes :

- longueur totale : 136 km,
- débit à l'origine : 38 m^3/s,
- pente longitudinale : 0,14 m/km,
- section hydraulique : trapézoïdale,
- système de régulation : par vannes hydromécaniques, associées à un système de télégestion.

Les différentes études du CPHS ont été conduites en paire avec celles des autres composantes du projet : galerie et station de pompage à l'amont, et réseaux d'irrigation et d'assainissement à l'aval.

Ces études ont été menées en tenant compte des différents paramètres qui conditionnent la stabilité de l'ouvrage et son fonctionnement hydraulique.

2.2 Géologie et géotechnique

La région des Abda-Doukkala appartient à la grande unité géologique connue sous le nom de la "Méséta marocaine".

Les formations superficielles sont d'âge plio-quaternaire, constituées essentiellement de calcaire, qui ont donné naissance à des dunes. Cet âge est masqué par une couverture limoneuse quaternaire.

Le long du tracé du canal, les études de reconnaissance géologique, qui ont été menées, ont montré l'existence de formations à faciès assez monotone et épais à dominante argileuse.

Les terrains prédominants sont des graves argileuses brun-rouges avec passage de formations silto-sableuses. De plus, d'importants processus d'enrichissement en carbonates ont affecté la plaine des

[1] Ingénieur à l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole des Doukkala - El Jadida.

Les valeurs de revanche admises ont été définies en fonction :

- du type de régulation,
- du débit à transiter,
- de l'intensité du vent dans la région où se développe le canal.

Pour les huit premiers biefs (PK 0 - PK 53,6), la revanche a été fixée à 0,40 m. A l'aval de ce tronçon, la revanche a été arrêtée à 0,30 m.

2.5 Revêtement en béton du canal

Compte tenu de la valeur économique importante de l'eau qui est pompée en tête du canal, et de la nature des terrains traversés, le principe de revêtement du CPHS a été systématiquement retenu.

Le revêtement en section trapézoïdale, concernant une longueur importante du canal (132,4 km sur 136), est constitué de béton armé ou non - suivant les cas - dosé à 300 kg de ciment par mètre cube, coulé en place à l'aide de machines spéciales, sans coffrage.

Caractéristiques :

- bajoyers :
  * fruit : 3/2 en général
  * épaisseur : 0,12 m
- radier :
  * largeur : variable de 5 m à 2,5 m
  * épaisseur : 0,15 m

Un système de joints de retrait et de dilatation est prévu dans le béton de revêtement du canal suivant le schéma général ci-après :

Joints longitudinaux :

- bajoyer :
  * H < 2,50 m
  * 2,50 m < H < 3,60 m : 2 joints
  * 3,60 m < H : 3 joints
- radier :
  * base ≤ 3,50 m : néant
  * base > 3,50 m : 1 joint axial

Joints transversaux :

- de dilatation : tous les 30 m
- de retrait : tous les 3,5 m.

Machine de bétonnage de la section trapézoïdale
Dimensions du canal : b = 5.00 m ; h = 5.00 m en moyenne

Les joints de retrait ont une profondeur équivalente au 1/3 de celle du revêtement en béton (soit 4 cm aux bajoyers et 5 cm au radier). Les joints de dilatation quant à eux épousent la profondeur totale du béton.

Tous ces joints ont une ouverture de 1 cm.

En vue d'assurer l'étanchéité recherchée du béton de revêtement du canal, les joints sont traités à l'aide d'un mastic bitumineux (accoplast V dans le cas du CPHS).

2.6. Système de régulation du canal

Comme décrit auparavant (§ 2.4), le CPHS est divisé en biefs de longueur unitaire égale à 6 km environ. A l'aval de chaque bief, un ouvrage de régulation est prévu pour assurer la transition hydraulique avec le bief situé immédiatement après. A titre d'exemple, les différences entre les cotes du radier et celles bajoyers à l'amont et à l'aval du régulateur n° 1 sont respectivement de 0,20 m et 1,00 m.

Quatre systèmes de régulation des plus connus ont été examinés en détail et comparés entre eux du point de vue coût d'investissement et coût d'énergie :

1. régulation par l'aval
2. régulation mixte avec réserve en ligne
3. régulation mixte avec réserve en dérivation
4. régulation globale.

Le système de régulation retenu pour le CPHS est de type mixte et par l'aval avec réserve en ligne, caractérisé par :

- un premier tronçon en régulation mixte sur un linéaire de 53,6 km. Ce tronçon comporte 8 biefs. Ce choix a été retenu afin de créer une importante réserve en amont du canal. Cette réserve sera remplie durant les périodes de moindre coût énergétique ;
- un deuxième tronçon du bief 9 au bief 22, en commande par l'aval d'une longueur totale de 82,3 km.

Sur la partie en commande par l'aval, les variations de la demande en eau d'irrigation sont transmises hydrauliquement de l'aval vers l'amont jusqu'au bief 8. Au-delà, ces variations sont amorties dans les biefs réservoirs (biefs 1 à 8). Grâce à leur mode de fonctionnement, les vannes mixtes (à niveaux associés) assurent la fonction de réservoir d'eau en ligne sur l'ensemble de ces biefs.

Cette réserve tampon permet d'amortir aussi bien les variations de la demande en eau que les fluctuations de la fourniture dues au mode d'exploitation de la station de pompage qui favorise au maximum les pompages en heures creuses.

2.7. Télésurveillance du CPHS

Compte tenu du mode de régulation retenu, le canal fonctionne de manière automatique et les automatismes sont entièrement hydrauliques.

Aucune commande locale ou à distance n'est donc nécessaire.

Toutefois, étant donné la grande longueur du canal, un système de télésurveillance a été retenu. Ce système permet d'informer l'exploitant en temps réel sur l'état de fonctionnement hydraulique des différents biefs du canal, en vue d'aider à l'optimisation de la gestion de la station de pompage, mais surtout pour recevoir très rapidement les alarmes provenant des avaries survenant sur le canal.

Ce système de télésurveillance comporte 6 postes secondaires répartis le long du canal, reliés par radio à un poste central à Sidi Bennour (voir schéma ci-après).

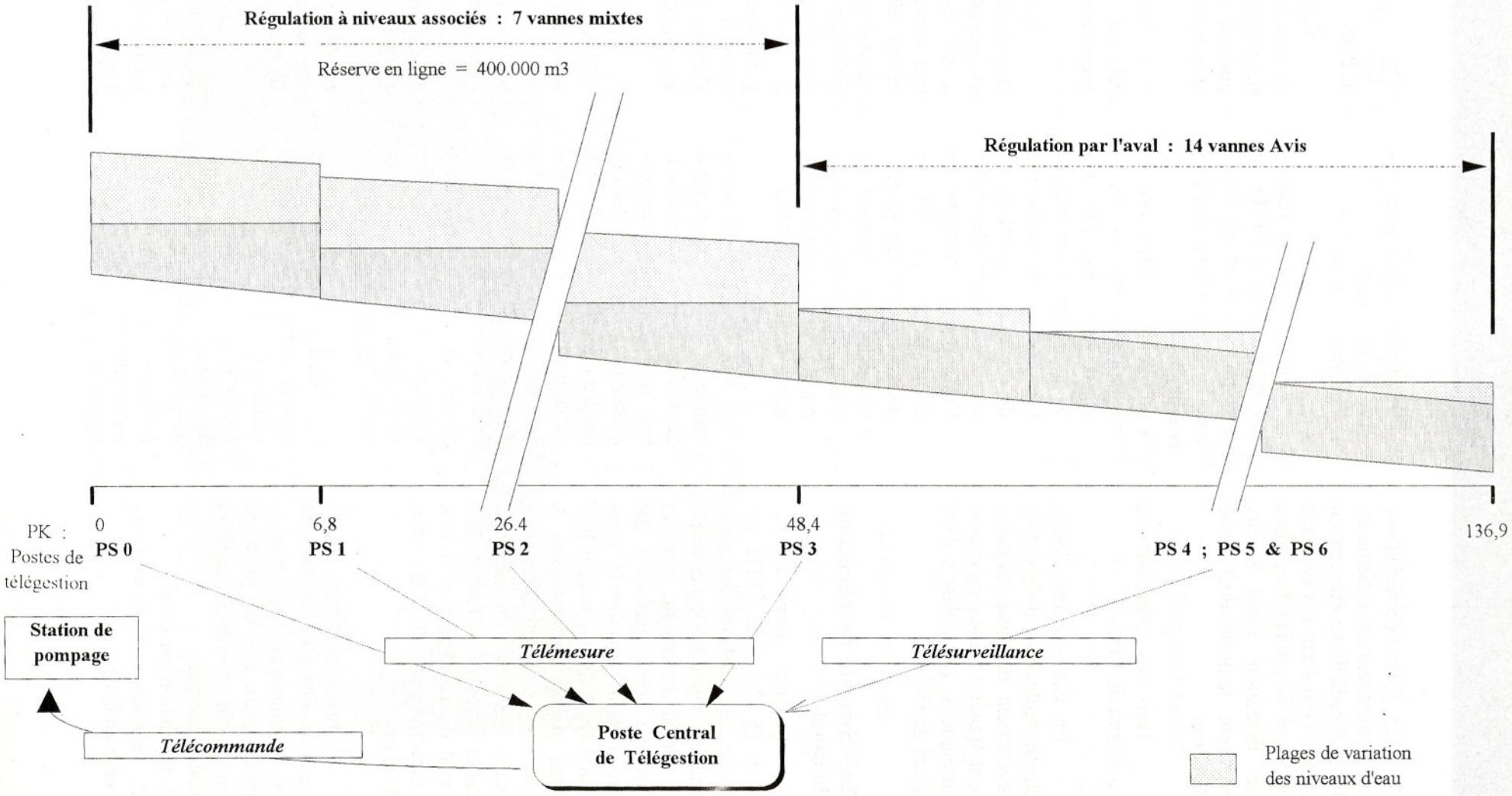
2.8. Ouvrages associés au CPHS

a- Ouvrages de ruissellement et de franchissement de talwegs :

Les traversées du canal au droit des lits d'oueds et de certains points bas sont assurées à l'aide des ouvrages suivants :

CANAL PRINCIPAL HAUT-SERVICE

~ Système de télégestion ~



CPHS-TEL.XLS - 21/02/1997

- **Aqueducs** : ce sont des ouvrages de ruissellement qui passent sous le canal quand la topographie est relativement régulière. Ces aqueducs, au nombre de 50 environ, ont un ou plusieurs pertuis en fonction de l'importance du bassin versant.
- **Siphons** : Quand le talweg traversé est relativement peu profond, mais transitant des débits importants, le canal est conçu en siphon de plusieurs pertuis en béton armé. Au total, le canal passe 8 fois en siphon sur 890 ml.
- **Bâches** : Il s'agit d'un canal rectangulaire porté sous forme de pont en béton armé. Ces bâches sont construites lorsque le canal traverse des talwegs profonds, pour lesquels le passage en siphon provoque des pertes de charge importantes. Le canal compte 7 bâches totalisant une longueur de 2.184 m.

b- Ouvrages de traversée du canal :

De nombreux ponts et passerelles sont prévus au niveau des traversées de routes classées, des pistes rurales et au niveau de certains douars.

Le projet a prévu 40 ouvrages de ce type. Mais l'expérience des travaux en cours au niveau de la première tranche du canal a montré que ce nombre est insuffisant. A ce titre, 6 ponts et passerelles supplémentaires ont été ajoutés sur les 60 premiers kilomètres du canal, pour répondre aux requêtes des riverains.

c- Ouvrages de régulation :

Il s'agit des régulateurs mixtes et Avis.

Les vannes mixtes fonctionnent à l'aide de deux flotteurs, le premier étant lié au bief amont et le second au bief aval. La courbe de fonctionnement de ces vannes est particulièrement étudiée pour maintenir à l'état plein les biefs concernés.

Les vannes Avis agissent sous l'effet d'un flotteur lié directement au niveau d'eau dans le bief aval.

d- Ouvrages de sécurité et de vidange :

Chaque bief du canal est équipé d'un ouvrage de sécurité de façon à remédier à toute montée intempestive du plan d'eau dans le canal. Cet ouvrage est de type siphon à amorçage sur tous les biefs excepté pour le bief n° 18 qui comporte un seuil.

Le bief n° 8 est équipé d'un déversoir latéral de 127 m de long, pouvant transiter 38 m^3/s. Cet ouvrage de sécurité est implanté au PK 53,4 au niveau de la transition entre la régulation mixte et la régulation par l'aval. Il permettra d'évacuer la totalité du débit maximum du canal en cas de défaillance de fonctionnement de celui-ci : pompage incontrôlé en tête, vannes bloquées en position fermée ou ouverte, etc.

Une vanne de vidange est associée à chaque ouvrage afin de permettre la vidange du canal pour les besoins de l'entretien.

e- Prises d'irrigation :

Le CPHS dessert 34 prises, réparties tout au long de son tracé. Ces prises alimentent des secteurs à irriguer aux besoins variables (de 0,1 à 7,5 m^3/s).

Afin de desservir avec précision et sans perte d'eau les canaux d'irrigation, chaque prise est équipée d'une batterie de modules à masques. De même, des vannes type Avio assurent à ces prises une alimentation en eau régulière malgré les fluctuations des niveaux d'eau dans le canal.

f- Rampes d'accès au canal :

Des rampes d'accès aux engins au radier du canal sont prévues pour les besoins de l'entretien (nettoyage, réfection, ...). Ces rampes sont implantées à l'amont et à l'aval de chaque bief (soit 2 rampes par bief).

g- Fossé de garde :

Dans le but de protéger le canal des venues d'eau plu-

viale, un fossé de garde est prévu en rive gauche du canal. Ce fossé longe le canal et débouche généralement dans les aqueducs.

Il a une section rectangulaire, des talus 1/1, une profondeur minimale de 50 cm, et des pentes longitudinales variant suivant la topographie des terrains traversés.

h- Piste d'exploitation :

Pour les besoins de la gestion et l'exploitation du canal après sa mise en service, le projeteur a prévu une piste aménagée sur la digue droite du canal.

Cette piste, recouverte en tout venant a une largeur de 3 m.

3. DEROULEMENT DES TRAVAUX DU LOT N°1 DU CANAL

Dans le but de desservir tous les secteurs irrigués de la première tranche du Haut Service (16.000 hectares), il a été nécessaire de réaliser les travaux du lot n° 1 du canal et les 2 premiers biefs, soit l'origine jusqu'au PK 59,7.

Le lot n°1 du canal est subdivisé en deux sous-lots de travaux attribués à deux groupements d'entreprises, qui sont :

- sous-lot 1.A (PK 0 - PK 26,4) ;
- sous-lot 1.B (PK 26,4 - PK 59,7).

Phasage des travaux :

a-Travaux de terrassement :

Avant le démarrage des travaux de terrassement, l'entreprise a réalisé la reconnaissance topographique du tracé du canal, implanté préalablement par l'ORMVAD.

Les travaux de terrassements sont réalisés en 2 étapes :

La première phase de terrassement a consisté à décaper, sur 20 cm environ, la terre végétale dans l'emprise des travaux, puis à excaver les fouilles à l'aide de moto-scraper soit à l'aide de pelles hydrauliques. Les matériaux excavés sont généralement étalés d'un côté et d'autre de l'assiette du canal pour servir de remblais pour la réalisation des digues.

La seconde phase a consisté à réaliser le taillage fin des berges et du radier du canal juste avant l'opération de bétonnage.

Ce procédé de terrassement en 2 phases a été préconisé pour éviter la dégradation des fonds de fouilles par les intempéries, surtout quand les opérations de terrassement et de bétonnage ne sont pas réalisées simultanément.

b- Travaux de bétonnage :

Avant le démarrage des travaux de bétonnage, l'entreprise a procédé au taillage fin des fouilles au niveau des bajoyers et du radier.

Le béton préfabriqué au niveau des cinq centrales à béton montées le long du canal (PK 0 ; PK 22 ; PK 32 ; PK 40 et PK 50), est transporté à l'aide de malaxeurs jusqu'au lieu de sa mise en place.

La mise en place du béton est réalisée à l'aide de machines spéciales qui étale le béton et assure sa vibration et la finition de surface.

Une équipe d'ouvriers spécialisés suit la machine pour assurer le talochage, la réalisation des joints de retrait et de dilatation, et l'application du produit de cure.

Dans le cas du CPHS, le bétonnage des deux bajoyers et du radier est réalisé séparément.

Les cadences moyennes observées par machine varient comme suit :

- bajoyers : 80 à 120 ml d'un bajoyer par poste de 8 heures
- radier : 120 à 150 ml par poste de 8 heures.

c- Travaux des ouvrages :

Les travaux de réalisation des ouvrages sont entrepris en parallèle avec ceux du canal.

Bétonnage du canal bâche
Dimension du cannal : 6 = 6.70 m ; h = 4.70 m

Passage de la section rectangulaire à la section trapézoïdale du canal

d- Traitement des joints du canal au mastic :

Dans le but d'étancher les joints réalisés dans le béton du canal, il est prévu de les remplir par un mastic bitumineux.

Le mastic utilisé dans le cas du CPHS est mis en place dans les conditions suivantes :

- les fonds des joints sont nettoyés et soufflés à l'air comprimé. Ils doivent être secs et propres pour une meilleure adhésion du mastic.
- le mastic est livré à l'état solide. Le jour de sa mise en place, il est chauffé dans un fondoir à bain d'huile, pour lui donner une viscosité compatible avec son mode d'emploi ;
- un thermomètre permet de contrôler la température qui doit être maintenue entre 120 et 130°C.